

# 湘北红壤坡地雨水过程的水土流失及其影响

谢小立, 王凯荣

(中国科学院亚热带区域农业研究所, 湖南 长沙 410125)

**摘 要:** 模拟主要利用方式构建的垫面为主导因子, 采用径流场实测方法, 通过 4 a(1998~ 2001 年) 实地观测试验, 剖析不同下垫面对雨水地表径流及其过程的影响。研究表明: 降雨(时间分布及其强度) 是影响地表径流特征的主导因素; 年降雨量与地表径流量和系统水土流失量呈正相关。不同垫面地表径流量有显著性差异; 雨水径流过程的土壤和养分流失有相似的表现。在假定雨水年份的基础上, 应用不同雨水年份出现概率指标, 推算出: 湘北红壤坡地现今利用状况下, 雨水产地地表径流过程的年均水土流失量及其养分(有机质、N、P、K) 损失量; 和可最大开发利用时, 可能带来的水土流失与养分损失。提出“利用坡地集雨利用优势, 构建与单元生态系统水循环平衡相适应的坡地农林复合生态系统, 通过水平衡生态建设来维系生态系统的水分平衡”观点。

**关键词:** 红壤坡地; 垫面; 地表径流; 水土流失

中图分类号: S157

文献标识码: A

我国现有红壤缓坡地( $6^{\circ} \sim 15^{\circ}$ )  $2.1 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 是我国发展粮食和亚热带经济作物及果、林、草的重要基地<sup>[1]</sup>。降雨是红壤坡地生态系统基本水资源, 降雨过程的水土流失是红壤坡地可持续利用的水问题之一; 再者, 坡地集雨是我国南方红壤丘陵地区农田灌溉的依托<sup>[2]</sup>。因此, 坡地雨水产流及其水土流失, 是持续利用这一部分国土资源的基本依据。

湘北红壤丘岗区( $34\,970 \text{ km}^2$ , 含盖环洞庭湖丘岗区( $9\,761 \text{ km}^2$ ) 的西部) 是我国南方红壤丘陵区农林复合生态系统的典型板块。我们以现今红壤坡地主要利用方式所构建的垫面为主导因子, 采用径流场实测方法, 研究了该地区丘岗坡地不同垫面的地表径流特征及其水土流失, 旨在为我国红壤坡地可持续利用生态系统的构建与管理提供依据。

## 1 试验区背景与研究方法

### 1.1 试验区背景

试验在中国科学院桃源农业生态试验站定位观

测试验场实施, 该试验场位于武陵山区向洞庭湖平原过度的丘岗地带( $111^{\circ}30' \text{ E}$ ,  $28^{\circ}55' \text{ N}$ ), 年平均气温  $16.5^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量  $1\,440 \text{ mm}$ , 土壤类型为第四纪红土发育的红壤, 植被为武陵山植被区系; 试验场为一典型的自然集雨区, 面积  $11.8 \text{ hm}^2$ , 海拔  $92.2 \sim 125.3 \text{ m}$ , 其中有坡地  $6.06 \text{ hm}^2$ 。1995 年秋在场内选一坡面(南偏东  $15^{\circ}$ , 坡长  $62 \text{ m}$ , 坡度  $8^{\circ} \sim 11^{\circ}$ , 图影面积  $1 \text{ hm}^2$ ), 作为坡地不同利用系统结构功能及其演替长期定位观测试验区。在观测试验区, 根据现今主要利用方式, 建成坡地不同(7 个) 经营生态系统, 每个经营系统(小区) 图影面积  $20 \text{ m}^2$  ( $50 \text{ m}^2$ , 上方及两侧用地上  $30 \text{ cm}$ 、地下  $50 \text{ cm}$  的钢筋混凝土板(顶部为  $5 \text{ cm}$  高的三角形) 围隔。底线是地下  $50 \text{ cm}$  的钢筋混凝土板, 外方建导流沟, 沟深  $10 \sim 20 \text{ cm}$ , 两头向中部倾斜。中部下方建沉沙池  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 、标准池  $3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  (钢筋混凝土现浇) 等集水测流设施。本研究的实地测量在这一背景下进行。地表径流测量自 1996- 01- 01 开始, 考虑到建设工程、垫面变化的影响, 研究采用测量数据

收稿日期(Received date): 2002- 12- 01; 改回日期(Accepted): 2003- 05- 06。

基金项目(Foundation item): 中国科学院知识创新工程(KZCX2 - 407) 项目。[The project was supported by Knowledge Innovation project (KZCX2 - 407).]

作者简介(Biography): 谢小立(1958- ), 男, 副研究员、硕士生导师, 从事区域农业水管理科学研究。[XIE Xiao-li, Male, Associate Professor, supervisor of Master. Mainly engaged in the research of water management in agroecosystems.]

自 1998 年(处理垫面基本形成)开始。

1.2 研究方法

处理垫面设计: 见表 1。

地表径流观测: 采用径流场实测, 周年连续监测, 记载降雨起止时间, 对每一雨过程(间歇超过 12 小时)产径流量。

泥沙及养分流失观测: 对随地表径流过程联动所输出径流场的泥沙、植物凋落残体收集, 测量其干重, 作为雨水地表径流过程对系统的物质侵蚀。并按“中国生态系统研究网络观测与分析标准方法”<sup>[3]</sup> 取样分析雨水、地表径流水、泥沙、植物凋落枯体的有机质、N、P、K、Ca、Mg 的含量, 以(径流含量(雨水含量)(径流量(泥沙、植物凋落枯体含量, 作为雨水地表径流过程对系统的养分侵蚀。

降雨量: 取用试验场气象园(AMRS-1 气象辐射自动观测系统)观测数据。

表 1 红壤坡地不同利用模式长期定位试验设计(1995 年冬)

Table 1 Long term location test design of different utilization pattern on the slop lands of red soil

处理区 <sup>1)</sup>	代表垫面	处理内容
1 恢复区	自然植被演替	清除地表植被, 之后停止干预, 植被自然恢复
2 退化区	原始利用的自然植被演替	于每年 5 月和 11 月将地表植被砍光并移出试验区
3 农作区	耕地利用, 季节作物植被	梯土不撩壕, 每年栽种 2 茬旱作物, 常规管理
4 茶园区	常绿灌丛(单一) 植被	梯土撩壕, 条植茶树, 常规管理灌溉施肥
5 柑橘园	常绿灌木(单一) 植被	梯土撩壕, 3m×3m 栽种柑橘, 常规管理
6 甜柿园	落叶乔木(单一) 植被	梯土撩壕, 3m×4m 栽种甜柿, 常规管理
7 湿地松	针叶林(单一) 植被	梯土撩壕, 3m×3m 栽种湿地松, 常规管理

1) 壤坡地利用方式多样, 处理间互为参照, 处理 2 为主参照区。

雨水产流率: 年产地表径流的降雨量 ÷ 年降雨量 × 100%。

使用时域反射仪(TDR) 定期测量土壤(0~60 cm) 水分含量。不定期测量各处理植物的生物量和植被盖度(样方、激光叶面积仪(CI-203))。作为参考资料。

为了提高试验观测结果所产生研究成果外延的可靠性, 将雨水年份给予假定, 大于当地常年平均降雨量 2 成以上定为多雨年, 低于常年平均降雨量 2 成以上定为少雨年, 降雨量在两者之间的为平雨年; 并计算出不同雨水年份出现的概率。

在试验观测的 4 a 中, 有 2 个多雨年(1998 年和 1999 年), 1 个降雨平年(2000 年), 1 个少雨年(2001 年)。为了减少多雨年分对试验结果的影响, 在年度统计数据上 1998 年和 1999 年取平均值; 雨水动态与地表径流特征和不同雨水年份的地表径流及其系统物质流失用 1998 年数据。观测区的数据取用 7 个处理垫面的平均值。所有数据的统计分析都是在 EXCEL、SAS 软件上进行。

2 结果及其分析

2.1 雨水动态与地表径流特征

从图 1 可以看出降雨年际变化很大, 降雨量的时间变化极不规则。各处理产径流的时间变化(年周期) 与降雨基本一致, 雨水动态决定了地表产径流的变化特征。就观测结果来看, 年降雨量越多, 两者的一致性越强。降雨量对地表产径流量的影响, 基本可确认是正效应, 年降雨量多则地表产径流量多。1998 年年降雨量 1 945.3 mm, 观测区平均地表径流量为 231.7 mm; 2000 年年降雨量 1 487.5 mm, 观测区平均地表径流量为 173.6 mm; 2001 年年降雨量 1 189.2 mm, 观测区平均地表径流量仅为 25.6 mm。

再看, 处理垫面(非耕区和耕作区) 地表径流的变化特征表现一致, 进一步说明地表径流变化特征主要受降雨的影响。就图 1(B) 处理比较而言, 降雨量不是产地表径流量的唯一主导因子。毫无疑问, 地表受雨垫面的构成即成为影响地表径流产量的主导因子<sup>[4, 5]</sup>。

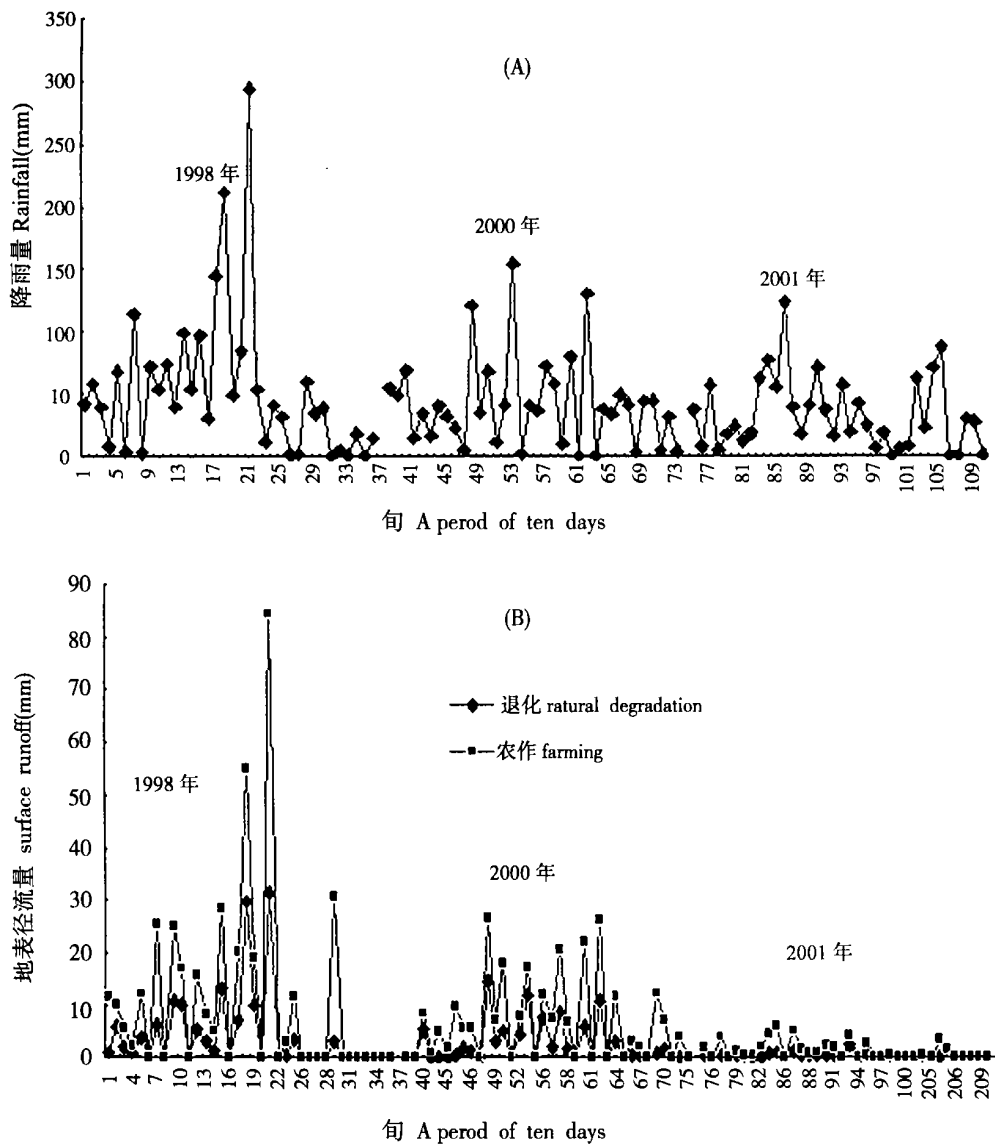


图 1 不同雨水年份雨水动态(A) 和坡地雨水地表径流特征(B)  
(多雨年- 1998 年, 平雨年- 2000 年, 少雨年- 2001 年)

Fig. 1 The dynamics of rainfall (A) and surface runoff characteristics (B) in different years

2 2 不同雨量年份的地表径流及其水土流失

不同雨量年份雨水地表径流量和产流过程的土壤及养分损失有显著差异(见表 2)。多雨年高于平雨年, 平雨年高于少雨年。降雨量与雨水径流过程土壤及有机物流失量之间, 反映出相似的结果。值得一提的是, 土壤流失与植物有机残体流失, 有不同的表现。降雨量及其地表径流量与系统土壤流失量之间, 有比较明显的线性正相关。而与系统植物有机残体流失量的相关性相对弱一些。这可能与系统本身植物有机残体存在量和存在形式有关。

表 2 不同雨量年份地表径流及其系统物质输出监测结果<sup>1)</sup>

Table 2 The monitoring results of surface runoff and system erosion in the different precipitation years			
变量	多雨年(1998)	平雨年(2000)	少雨年(2001)
降雨量(mm)	1945.3	1487.5	1198.2
雨水产流率(%)	77.8	84.7	71.9
地表径流量(mm)	231.7	173.6	25.6
径流系数(%)	11.9	11.7	2.1
泥沙输出量(kg·hm <sup>-2</sup> )	1230.0	432.2	78.0
植物残体输出量(kg·hm <sup>-2</sup> )	388.0	308.1	109.9

1) 径流及其物质流失观测数据为 7 个处理的平均值。

2 3 雨水地表径流的垫面反应

各处理雨水地表径流的观测结果, 见表 3。观测期间年均降雨量为 1 524. 7 mm, 雨水地表径流量最高的是农作区, 年产径流量 202. 4 mm(径流系数 13. 3%, 年均产径流 24 次); 恢复区雨水地表径流量最低, 雨水年产地表径流量 59. 6 mm(径流系数 3. 9%, 年均产径流 17~ 18 次)。以不同雨水年份为区组, 对各处理的雨水地表径流量和径流系数作方差分析和 F 测验及多重比较, 结果证明, 处理间存

在统计学的显著差异: 农作区 > \* 茶园区 > 湿地松 > 甜柿园 > \* 柑橘园 > \* 退化区 > 恢复区 ( $F = 6. 693, F_{0. 05}(6, 12) = 3. 0, F_{0. 01}(6, 12) = 4. 82$ )。地表复被<sup>[6]</sup>(植被类型、盖度和地表根系密度); 垫面构建的垦整工程措施<sup>[7]</sup>(垦复整治的方式和强度); 三是农事耕作<sup>[7]</sup>(方式、频率、强度)。是导致这一结果的基本原因。坡地不同景观雨水地表径流的差异存在, 为坡地雨水利用和利用坡地集雨支持农田灌溉提供了依据和可调控性。

表 3 各处理垫面年度雨水产径流的观测结果  
Table 3 The results of rainfall runoff for 7 treatments in 4 years

处理 垫面	1998~ 1999 年 (年降雨量 1888. 4mm)			2000 年 (年降雨量 1487. 5mm)			2001 年 (年降雨量 1198. 2mm)		
	径流量	径流系数	径流次数	径流量	径流系数	径流次数	径流量	径流系数	径流次数
	(mm)	(%)	(次)	(mm)	(%)	(次)	(mm)	(%)	(次)
恢复区	107. 6	5. 7	18	63. 0	4. 2	19	8. 1	0. 7	16
退化区	158. 6	8. 4	19	89. 3	6. 0	25	8. 7	0. 7	19
农作区	315. 4	16. 7	20	247. 7	16. 7	30	44. 1	3. 7	22
茶园区	253. 0	13. 4	20	242. 2	16. 3	30	48. 5	4. 1	23
柑橘园	203. 9	10. 8	20	161. 9	10. 9	30	19. 0	1. 6	21
甜柿园	234. 2	12. 4	20	199. 8	13. 5	30	23. 9	2. 0	22
湿地松	247. 4	13. 1	20	211. 6	14. 2	30	26. 7	2. 2	23

2 4 雨水地表径流过程土壤及有机物流失

垫面构建不同, 对雨水地表径流过程土壤及有机物流失影响程度不同, 见表 4, 从物理量上看, 垫面对雨水地表径流产量的影响和对径流过程土壤流失量的影响, 表现完全一致。但垫面间的差异显著程度有差别。在土壤流失量方面, 耕作强度的影响很大, 农作区的泥沙流失量达  $1\ 294. 2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ , 极显著地高于其他处理, 人为干预较轻的退化区泥沙流失量为  $132. 9\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ , 无人为干预的自然恢复区仅  $56. 2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。坡地从自然植被利用到作物耕种, 土壤流失量提高近 10 倍。茶果林利用系统土壤流失量低于作物耕种的 2~ 3 倍, 而高于自然利用和自然保护的 6~ 12 倍。

再看各处理垫面雨水过程的有机物流失, 雨水过程的植物残体流失量, 仍是农作区最高为  $304. 0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ , 最低却是退化区为  $151. 2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ , 其他处理垫面雨水过程流失植物残体  $218. 0\sim 289. 0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。植物残体流失量与植物残体存在量和存在形式有关。

2. 5 不同垫面系统雨水径流过程的养分(有机质、N、P、K) 损失

每年 2 次(雨季 5 月和旱季 8 月) 对雨水、径流水及其径流过程联动的泥沙和植物残体, 进行养分分析, 只有退化区和湿地松区径流水的含 N 量低于雨水的含 N 量。因此可以认为, 雨水以地表径流形式输出系统的同时给系统带来养分损失。不同垫面系统产出的地表径流水及其过程流失的泥沙和植物残体, 不但在数量上有不同, 质量上也有差异。

以实地观测为基本材料, 在假定雨水年份, 计算试验站区(县域) 不同雨水年份出现的概率的基础上, 测算出湘北红壤坡地雨水地表径流量和雨水地表径流过程的系统养分(有机质、N、P、K) 损失(见表 5)。本测算结果与同类型地区有关报道<sup>[8]</sup>相比, 水土流失量偏低, 可能与定位区的控制和观测方法有关。养分损失量偏高, 这是因为其他报道数据未计算径流水中的养分损失。由于雨水对空气的淋溶作用给垫面系统补充的养分量难于估测, 而忽略地表径流过程由水裹走的养分。其实雨水浸溶下垫面,

表 4 各处理垫面年度雨水径流过程的系统侵蚀的测量结果

Table 4 The results of runoff erosion for 7 treatments in the process of runoff in the 4 years

处理 垫面	1998~ 1999 年		2000 年		2001 年	
	(侵蚀降雨量 1106. 6mm)		(侵蚀降雨量 676. 2mm)		(侵蚀降雨量 150. 6mm)	
	泥沙量	植物残体量	泥沙量	植物残体量	泥沙量	植物残体量
恢复区	80. 5	166. 5	66. 0	270. 6	22. 2	215. 9
退化区	228. 1	255. 8	128. 9	134. 1	41. 6	63. 7
农作区	2770. 1	452. 9	898. 7	322. 3	213. 8	136. 7
茶园区	1349. 9	389. 1	852. 9	362. 1	165. 4	114. 1
柑橘园	1217. 8	318. 7	299. 2	341. 8	18. 7	67. 1
甜柿园	866. 3	346. 4	386. 8	324. 2	45. 9	75. 8
湿地松	874. 0	361. 1	393. 1	389. 9	34. 2	96. 0

表 5 红壤坡地不同垫面年均雨水产径流及其系统侵蚀测算结果<sup>1)</sup>

Table 5 The results of runoff and erosion for 7 treatments on the slop lands of red soil

变量	恢复区	退化区	农作区	茶园区	柑橘园	甜柿园	湿地松	平均
径流量 (mm)	62. 2	89. 2	217. 8	199. 3	140. 0	168. 5	178. 7	150. 8
径流系数 (%)	4. 3	6. 2	15. 1	13. 8	9. 7	11. 7	12. 4	10. 5
泥沙量 (kg·hm <sup>-2</sup> )	58. 8	133. 1	1224. 8	821. 2	476. 8	434. 4	473. 7	512. 4
植物残体量 (kg·hm <sup>-2</sup> )	218. 3	146. 6	435. 9	307. 5	271. 0	270. 6	311. 7	282. 8
有机质 (kg·hm <sup>-2</sup> )	166. 4	117. 5	392. 6	249. 1	208. 8	204. 1	229. 5	224. 0
N+ P+ K (kg·hm <sup>-2</sup> )	5. 71 (0. 31) <sup>2)</sup>	5. 78 (0. 18)	39. 31 (2. 61)	22. 29 (2. 09)	13. 68 (0. 98)	13. 37 (0. 77)	10. 74 (0. 54)	15. 84 (1. 07)

1) 以雨水年份出现概率(多雨年分占 26. 2%, 平雨年分占 51. 7%, 少雨年分占 16. 1%) 作为统计不同雨水年份实地观测值所占比重的依据, 推算出红壤坡地不同垫面年均雨水地表径流及其系统侵蚀结果。本表的年降雨量以 1 442 mm 计算。2) 括号内数据为径流水裹走系统 N+ P+ K 的量: 径流量×(径流水 N+ P+ K 含量) - (雨水 N+ P+ K 含量)。

以地表径流输出系统时, 裹走的系统养分是系统养分平衡过程的一项支出; 其水裹走的养分(N、P、K)量占整个雨水地表径流过程系统养分损失的 5%~10%。

应用上述测算结果, 可推算出湘北丘岗区或环洞庭湖丘岗地区坡地现今利用状况下、和最大开发利用时的水土流失量。据湘北丘岗区和环洞庭湖丘岗地区测查, 缓坡地现今利用为人工林占 34%, 自然植被利用(包括种草养畜)的占 30%, 自然植被恢复占 15%, 果药茶占 15%, 作物耕种用地占 6%。以湿地松区代表人工林地、退化区代表自然植被利用用地、恢复区代表自然植被恢复占地、茶园区柑橘区甜柿区(取平均值)代表果药茶用地、农作区代表

在耕地。那么, 现今利用状况下雨水地表径流过程的水土流失量为:

水(135. 32mm)  $13. 5 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ;  
土(约 0. 02mm)  $37 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ; 有机物(植物残体)  $25 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

其中裹走有机质  $19. 5 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ; 养分(N+ P+ K)  $1. 108 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

最大开发利用时, 人工林占 30%, 人工草地占 15%, 果药茶园占 30%, 耕地占 20%, 自然保护区占 5%。雨水地表径流过程可能的水土流失量为:

水(165. 5mm)  $16. 6 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ;  
土(约 0. 03mm)  $58. 3 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ; 有机物(植物残体)  $29. 9 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

其中裹走有机质  $24.0 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ; 养分(N+ P + K)  $1.72 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

### 3 小结与讨论

#### 3.1 雨水地表径流

我国南方以红壤为代表土类的丘岗地区, 坡地占总面积的 65%, 一般是利用对坡地雨水地表径流的集蓄来支撑农田的生产灌溉, 因此, 利用坡地集雨是红壤丘岗生态系统水平衡过程不可缺少的部分。红壤坡地的雨水地表径流, 其时间变化特征取决于降雨量的时间变化; 径流量与年降雨量呈正相关。受雨垫面是影响雨水地表径流产量的主导因子。由于雨水产流受多因素影响, 和我国南方丘陵区地貌类型和植被的多样性, 要准确地量化描述出雨水产地表径流过程, 还需要大量的多类型区的长期定位实验研究的成果集成, 和尺度转换模型研究。

#### 3.2 雨水地表径流过程的系统损失

对湘北红壤坡地 7 种不同利用方式所构建的垫面, 雨水地表径流过程的系统损失的观测研究表明: 不同利用方式导致了地表径流过程系统侵蚀的显著性差异。地表径流过程的土壤流失量, 可由自然保护下的  $56.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 提高到作物耕作的  $1294.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 相差 20 倍之多。地表径流过程冲走系统的有机植物残体, 除利用方式的影响之外, 与系统有机植物残体的存在量和存在形式有关。雨水地表径流过程, 通过淋溶垫面和带动泥沙及植物有机残体, 裹走系统养分, 也属于系统养分平衡过程的一部分。

#### 3.3 关于水平衡的坡地生态系统构建

雨水地表径流及其系统侵蚀研究是生态系统构建的基本内容。由于我国南方丘岗农业复合生态系统, 是由多个独立集雨区(单元生态系统)构成的, 在各个单元生态系统中, 坡地比重大, 是集雨利用的最佳区块。因此, 坡地的雨水分配直接关系到整个生

态系统的水循环平衡, 尤其是农田系统的生产灌溉。不同垫面间雨水产径流及其系统侵蚀的差异存在, 为生态系统水循环平衡的坡地生态系统构建提供依据和可操作性。红壤坡地宜采用农林复合经营的土地利用方式, 这一古老的土地利用方式由于在协调资源利用、保护生态环境、促进粮食增产及经济发展等方面具有巨大潜能, 在国际上倍受关注。

#### 参考文献(References):

- [1] He Di'anyuan. Soil distribution and type in south China. In: He Di'anyuan (Ed). Soil fertility and fertilization of planted crop in South China. Beijing: Science Press, 1994, 3~ 18, 19~ 27. [何电源. 南方土壤类型及分布[A]. 见: 何电源. 中国南方土壤肥力及栽培作物施肥[M]. 北京: 科技出版社. 1994. 3~ 18, 19~ 27.]
- [2] XIE Xiao-li, WANG Kai-rong. Equilibrium and Management of Water Resources in Hilly Area Around Dongting Lake. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2001, 15(4): 92~ 95. [谢小立 王凯荣. 环洞庭湖丘岗地区水资源平衡及其管理[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 92~ 95.]
- [3] XIE Xuan-qun, WANG Li-jun (Ed). Observation and Analysis of Water Environmental Elements. Beijing: Standards Press of China, 1998. [谢贤群, 王立军. 水环境要素观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1998.]
- [4] R. Lal. Soil Quality and Sustainability. In: Advances in Soil Science, Methods for assessment of soil degradation / edited by R. Lal... et al. . CRC Press Boca Raton New York. 1997. 17~ 30.
- [5] ZHANG Guang-hui. Advances in Study of Runoff Detachment Processes Based on Hydraulics. *Advances in Water Science*, 2001, 12(3): 395~ 401. [张光辉. 坡面水蚀过程水动力学研究进展[J]. 水科学进展, 2001, 12(3): 395~ 401.]
- [6] Guy B T, Dickinson W T, Rudra R P. The roles of rainfall and runoff in the sediment transport capacity of interrill flow. *Transactions of the ASAE*, 1987, 30(5): 1378~ 1387.
- [7] Hirschi M C, Barfield B J. KYERMO- A physically based research erosion model. Part I: Model development. *Transactions of the ASAE*, 1988, 31(3): 804~ 813.
- [8] SHI De-ming, WEI Qi-fan, LIANG Yi, et al. Study on Degradation Index System of Eroded Soils in Southern China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2000, 14(3): 1~ 9. [史德明, 韦启潘, 梁音, 等. 中国南方侵蚀土壤退化指标体系研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 1~ 9.]

# Observation Studies on Water and Soil Loss in the Process of Rainfall on the Slop Lands of Red Soil in North Hunan

XIE Xiao-Li and WANG Kai-Rong

(The Institute of Subtropical Agriculture, The Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125 China)

**Abstract:** Simulating the main utilization pattern of landscape, this paper studied the influence of difference land utilization mode upon rainfall surface runoff and system erosion in the process in the years of different rainwater on the basis of the field observation experiments from 1998 to 2001. The results showed: that rainfall (time distribution and its intensity) was the main factor influencing on surface runoff characteristics. The precipitation in per year was positive correlated with surface runoff and water and soil loss. Among the different landscape, there was significant difference in surface runoff. The order was: farming > \* tea plant > slash pine > persimmon plant > \* orange > \* natural degradation > natural recuperation. And soil loss was accord with nutrient loss in the process of rainfall runoff. According to the probability index of various precipitation years, the article also calculated the soil and water loss at present on the slop lands of red soil in North Huanan. and nutrient (OM、N、P and K) loss. Making use of rainwater of slope lands, agro-forest multi-ecosystems in the hilly land adaptive for water equilibrium of unit ecosystems were constructed. And this ecological construction can maintain ecosystem water balance. The viewpoint was put forward.

**Key words:** slop lands of red soil; landscape; surface runoff; water and soil loss